AUS DEM ZOOLOGISCHEN INSTITUT DER UNIVERSITÄT LEIPZIG

ZUR ANATOMIE UND HISTOLOGIE DES CEPHALOPODENAUGES

INAUGURAL-DISSERTATION
ZUR ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE
DER HOHEN PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT
DER UNIVERSITÄT LEIPZIG

ACAD.
LUGD.BAT.
BIBL.

VORGELEGT VON

ARNO GLOCKAUER
(LEIPZIG)

MIT 37 FIGUREN IM TEXT

LEIPZIG
WILHELM ENGELMANN
1915

Angenommen von der III. Sektion auf Grund der Gutachten der Herren Woltereck und Pfeffer.

Leipzig, den 18. Juli 1914.

Der Procancellar Kirchner.

Sonderabdruck aus »Zeitschrift für wissenschaftl. Zoologie«, Bd. CXIII, Heft 3.

MEINEN LIEBEN ELTERN

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546828_0040

Inhalt.

Seite

Einleitung 325
Vorbemerkungen 326
I. Vergleichend-anatomische Darstellung 327
A. Äußere Augenmuskeln 327
1. Topographie 329
a) Decapoden 329
b) Octopoden 338
2. Funktionelle Bedeutung 341
B. Knorpelgebilde 343
II. Anatomische und histologische Untersuchungen, vornehmlich bei *Chiroteuthis imperator* 344
1. Argentea externa 344
2. Äußere Augenmuskeln 346
3. Argentea interna 346
4. Sclera 346
5. Ciliarmuskel 349
6. Die muskulöse Verbindung des Äquatorialknorpels mit der hinteren Knorpelhaut 352
7. Corpus ciliare 353
8. Retina 354
Zusammenstellung der wichtigsten Ergebnisse 357
Literaturverzeichnis 358
Erklärung der Abkürzungen 360

Vorliegende Arbeit ist auf Anregung meines hochverehrten Lehrers, Herrn Prof. Dr. Carl Chun, entstanden. Leider hat ihn während des Abschlusses meiner Arbeit der unerbittliche Tod von seiner

Wirkungsstätte abgerufen. Ihm sowohl wie Herrn Prof. Dr. Woltereck fühle ich mich für die gütige Unterstützung, die sie mir jederzeit zuteil werden ließen, zu großem Danke verpflichtet.

In dem ersten Abschnitt ist es meine Aufgabe, eine vergleichend-anatomische Darstellung der äußeren Augenmuskeln zu geben und auf Grund der anatomischen Untersuchungen die funktionelle Bedeutung dieser Muskeln zu erörtern. Die mit in Frage kommenden Knorpelgebilde des Auges sollen anschließend besprochen werden. In einem zweiten Abschnitt werde ich in den Vordergrund meiner Betrachtung die Anatomie und Histologie von *Chiroteuthis imperator* stellen und die mir bei andern Arten als wesentlich aufgefallenen Besonderheiten ergänzend einfügen.

Zur Untersuchung gelangten folgende Arten:

I. Oegopsiden:	II. Myopsiden:
Illex Coindetii	*Sepia officinalis*
Todarodes sagittatus	*Loligo media*
Ommatostrephes sagittatus	*Loligo marmorae*
Chiroteuthis imperator	*Rossia macrosoma*
Abraliopsis Morisii	

III. Octopoden:
Octopus vulgaris
Eledone moschata
Argonauta argo.

Vorbemerkungen.

Bevor ich den speziellen Teil der Arbeit beginne, will ich eine kurze Beschreibung der Anatomie des Auges, z. B. der Decapoden, vorwegnehmen (Fig. 27). Als Orientierung wähle ich die sogenannte physiologische.

Die Orbita des Auges wird zum Teil von Knorpel, zum Teil von einer häutigen Kapsel gebildet. Der Orbitalknorpel umfaßt besonders von hinten und innen schüsselförmig das Auge. Sein vorderer Rand, der, da er nicht weit um das Auge herumfaßt, medianwärts gelegen ist, gibt einen langen, schmalen Knorpelstiel, den Trochlearknorpel, ab.

Die Augenkapsel entspringt rings vom Orbitalknorpel und spaltet sich in ein parietales und viscerales Blatt. Sie umfaßt medianwärts außer dem Bulbus das Ganglion opticum und den weißen Körper.

Das parietale Blatt bildet die eigentliche Kapsel, bestehend aus einer Muskelhaut, die sich an das subcutane Bindegewebe anlegt.

Das viscerale Blatt entspringt vom Orbitalknorpel dünn beginnend und verläuft bis zum Rande der Iris, wo sie an dem herabhängenden Lappen verdickt aufhört.

Es besteht aus der Argentea externa (*Ar*, *e*) und aus der die äußeren Augenmuskeln (*m*) ausmachenden Schichte, deren Beschreibung im speziellen Teil erfolgen soll.

Unter diesen Muskeln liegt die Argentea interna (*Ar*, *i*), die sich in ihrem ganzen Verlauf der Sclera eng anschließt. Die Sclera setzt sich aus drei Teilen zusammen: 1. dem Irisknorpel (*Jk*), 2. dem Äquatorialknorpel (*Ae*), 3. der hinteren Knorpelhaut (*hkn*). Die hintere Knorpelhaut ist an der Durchtrittsstelle der Sehnerven siebförmig durchlöchert. Hinter der Ansatzstelle der Augenkapsel, vor allem an der hinteren Fläche des Bulbus, befindet sich der Hufeisenknorpel. Zwischen Äquatorial- und Irisknorpel erstreckt sich der Ciliarmuskel (*m.ci*), der auch zum Teil zum Corpus ciliare (*Co*, *ci*) zieht. Das Corpus ciliare ist mit der mächtigen Linse fest verbunden. Nach innen zu von der Sclera ist die Retina (*re*) gelegen.

I. Vergleichend-anatomische Darstellung.

A. Äußere Augenmuskeln.

Da die Augenmuskeln bisher in nur unzureichendem Maße untersucht worden waren, stellte mir Herr Prof. Dr. Chun die Aufgabe, diese Muskeln vergleichend-anatomisch darzustellen. Was die wenigen Literaturangaben über diesen Gegenstand anlangt, so kann ich folgende Arbeiten anführen. Lenhossék (1894) leugnet ein Vorhandensein der Augenmuskeln. Er spricht »von einem Fehlen eines Accommodationsmuskels und dem Mangel äußerer Augenmuskeln«. Ihm dürften die Arbeiten Krohns und Hensens nicht bekannt gewesen sein. Krohn hat bereits 1835 eine ganz leidliche Darstellung der Augenmuskeln von Sepia officinalis, aber leider ohne Abbildungen gegeben. Er macht darüber folgende Angaben: »Nach Hinwegnahme der gemeinschaftlichen Überzugsmembran kommen die meisten der Muskeln zum Vorschein; andre liegen tiefer, einige nämlich unter den oberflächlichsten und einer am Bulbus selbst. Die deutlichsten und stärksten verlaufen an der unteren Hälfte des Augapfels, alle aber entspringen vom Rande der Orbitalschalen. Der unteren gibt es zwei: 1. einen unter der Knorpelplatte liegenden, langen, geraden, sehr fleischigen und sich zuletzt an die Mitte des Bulbus festsetzenden;

2. einen entfernter von ersterem gelegenen, gleichfalls starken und lang gestreckten, der in gleicher Linie endet. Unter den oberen Muskeln sieht man einen kurzen und schmalen, aber tiefer gelegenen, sehr ansehnlichen Muskel. Der merkwürdigste ist ein unmittelbar dem Bulbus anliegender Quermuskel, der lang und dünn mit schmälerem Ende von der Spitze der Knorpelplatte entspringt, hier den Endteil des unter ihr gelegenen Muskels bedeckt, sogleich unter dem weißen Körper am Bulbus, und zwar in der Richtung seines Querdurchmessers verläuft und endlich mit breitem, gezacktem Ende sich, seinem Ursprung entgegengesetzt, an ihn heftet.«

Hensen (1865) berichtet über die Muskulatur (Sepia) in seiner grundlegenden Arbeit über das Cephalopodenauge: »Nach innen von der Argentea externa entspringen an der Orbita noch Muskeln. Sie gehen an der Innenseite der Argentea externa hin, einige ganz oberflächlich, umhüllen den Bulbus und verlieren sich ganz allmählich, so daß in der Iris nur noch einzelne Fasern davon zu finden sind, die zur Retraktion der Argentea zu dienen scheinen. An der vorderen Seite deckt der Trochlearknorpel einen starken, sich direkt an den Bulbus setzenden Längsmuskel, neben dem noch andre Längsbündel an den Bulbus gehen.«

Beer (1897) erwähnt »kräftige Augenmuskeln, die den in seiner lockeren Kapsel gleitenden Bulbus ausgiebig bewegen, ihn auch zurückziehen können«.

Magnus (1902) erkennt zwar die Augenmuskeln der Octopoden an, doch »seien sie nicht zu getrennten Muskeln differenziert«, sondern bilden seiner Meinung nach »eine zusammenhängende Lage sich kreuzender Muskelbündel«. Ein Blick auf die Abbildungen (Fig. 24 *m.inf.*) dürfte genügen, um zu zeigen, daß wir es mit wohl differenzierten Muskeln zu tun haben.

Muskens (1904) erwähnt eine mündliche Angabe Jattas, nach der bei *Eledone* drei äußere Augenmuskeln (ich werde vier zu beschreiben haben) zu unterscheiden sind, ein oberer, ein unterer und ein lateraler. »Der obere ist der weitaus kräftigste. Dieser platte und breite Muskel inseriert sich oben und lateral. Der sich unten inserierende Muskel ist ebenfalls ziemlich stark; der laterale ist schwach.«

Ehe ich nun zur Beschreibung der Muskeln übergehe, muß ich noch einiges zum Zwecke der Benennung derselben vorausschicken. Nach der Lage ihres Ursprungs und nach ihrem Verlaufe werde ich sie zu benennen haben. Da fast sämtliche Muskeln am Orbitalknorpel ihren Ursprung nehmen, ist es wichtig, sich ganz klar über die Aus-

breitung des Knorpels zu sein. Er umschließt, wie erwähnt, von hinten und teilweise dorsal und ventral den Augenbulbus, während an dem vorderen Knorpelrand, der nahe der Medianlinie, also in großer Entfernung vom Äquatorialknorpel, gelegen ist, bei den Decapoden die langen, schmalen Knorpelstiele entspringen und nach vorn treten. Man hat am Auge nach der physiologischen Orientierung vier Flächen zu unterscheiden:

1. die nach der hinteren Körperregion gelegene Fläche: die hintere Fläche.

Da der Orbitalknorpel bei den Decapoden fast den ganzen hinteren Umfang des Auges umschließt, und die Augen lateral gelegen sind, nehmen die am hinteren Orbitalknorpelrand entspringenden Muskeln auch eine laterale Lage im Verhältnis zum Körper des Tieres ein (Fig. 1, 2). Ich nenne sie nach ihrem Ursprung M. posteriores.

2. die untere oder ventral gelegene Fläche (Fig. 3—5). Die Muskeln, die am unteren Orbitalknorpelrand entspringen, sind als M. inferiores zu bezeichnen.

3. die obere oder dorsal gelegene Fläche mit den M. superiores (Fig. 6, 7).

4. die nach der vorderen Körperregion gelegene Fläche (Fig. 10 bis 19).

Da der vordere Orbitalknorpel, wie oben beschrieben, bei den Decapoden nur bis an die Medianlinie geht, also nicht um die vordere Fläche des Bulbus herumgreift, bedecken auch die am vorderen Orbitalknorpelrand entspringenden Muskeln zum Teil die median gelegene Fläche. Ich nenne sie M. anteriores.

1. Topographie der Muskeln.

a) Decapoden (Fig. 1—19).

Oegopsiden und Decapoden sind zusammen zu behandeln, da ihre Augenmuskeln nahezu ganz übereinstimmen. Einzelne Abweichungen werden zu erörtern sein. Die Tiefseeformen der Oegopsiden, *Chiroteuthis* und *Abraliopsis*, haben dieselben Muskeln aufzuweisen, nur mit dem Unterschied, daß sie zarter entwickelt sind. Für die Bearbeitung der Muskeln standen mir zur Verfügung von den Oegopsiden: *Illex*, *Todarodes*, *Chiroteuthis*, *Abraliopsis*; von den Myopsiden: *Sepia*, *Loligo marmorae*, *Loligo media*, *Rossia*.

Die Decapoden haben einen komplizierten Muskelapparat aufzuweisen. Wenn man die für eine Augenbewegung weniger in Frage kommenden Muskeln hinzunimmt, so hat man im ganzen 14 zu unter-

scheiden. Fast alle Muskeln sind platt gestaltet, viele von ihnen breiten sich fächerförmig aus. Ihre Ansatzstelle haben sie meist am distalen Äquatorialknorpelrand. Ausnahmen werden besonders zu erwähnen sein.

Laterale, hintere Fläche.

Zwei M. posteriores.

M. post. I (Fig. 1, 2).

Es ist ein langer, schmaler Muskel. Er entspringt am hinteren, etwas ventral gelegenen Orbitalknorpelrand und nimmt einen schrägen Verlauf dorsalwärts.

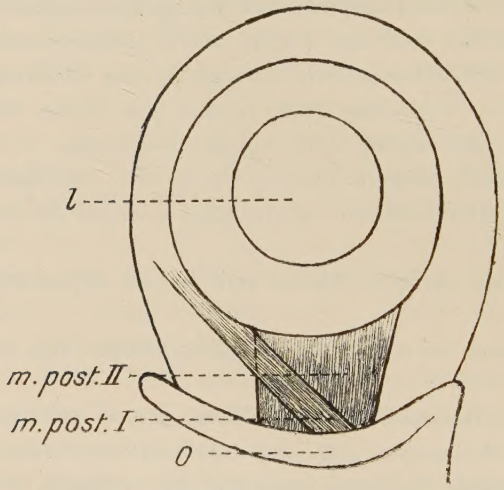

Fig. 1.

Laterale, hintere Ansicht von *Todarodes* (nat. Größe). Fig. 1 bis 26 Vergr. meist 2. Alle Ansichten sind vom rechten Auge, mit Ausnahme der Ventralansichten.

Bei den Oegopsiden (Fig. 1) ist er mit Ausnahme der Tiefseeformen ziemlich kräftig entwickelt, während er bei den Myopsiden (*Loligo*, *Sepia*) äußerst zarter Natur ist. *Rossia* (Fig. 2) zeigt eine relativ breite, kräftigere Entwicklung.

M. post. II (Fig. 1, 2).

Ein breiter Muskel, nimmt seinen Ursprung am hinteren Orbitalknorpelrand und zieht fast in ganzer Breite gerade aus. Er zeigt bei Oegopsiden wieder mit Ausnahme der Tiefseeformen eine kräftige Entwicklung (Fig. 1). Die Myopsiden sind ausgezeichnet durch sehr breite, aber zarte Ausbildung dieses Muskels, indem er fast den ganzen lateral gelegenen

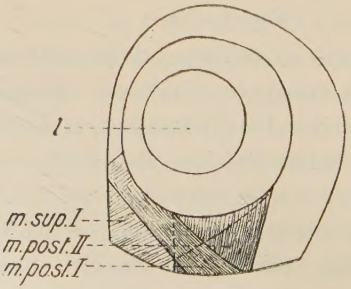

Fig. 2.

Laterale, hintere Ansicht von *Rossia*.

Umfang des Bulbus bedeckt. *Rossia* hat wieder eine kräftigere, nicht so breite Entwicklung aufzuweisen (Fig. 2).

Ventralfläche.

Zwei M. inferiores.

M. inf. I (Fig. 3—5).

Es ist der bei weitem kräftigste und leistungsfähigste Muskel. Da seine meist breite Wurzel nicht am Rande des unteren, hinteren Orbitalknorpels, sondern mehr in der Tiefe gelegen ist, muß der Knorpel erst abpräpariert werden, um den Ursprung frei zu legen. Der Muskel nimmt einen etwas schrägen, bei vielen Arten fast queren Verlauf nach der vorderen Fläche zu und setzt sich

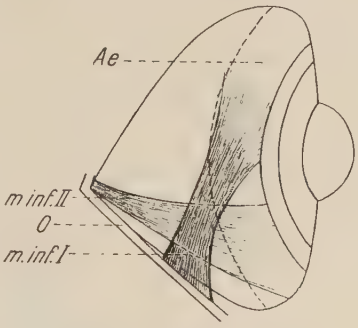

Fig. 4.
Ventralansicht von *Sepia*.

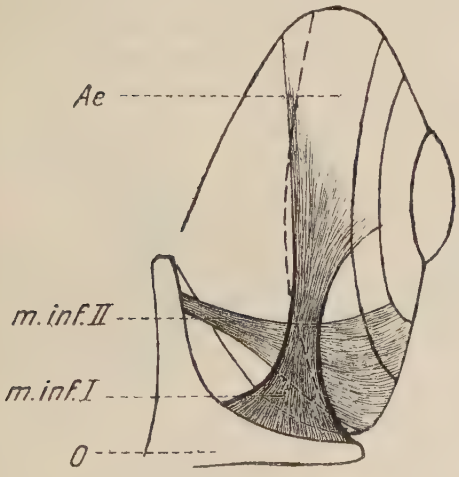

Fig. 3.
Ventralansicht von *Todarodes* (nat. Gr.).

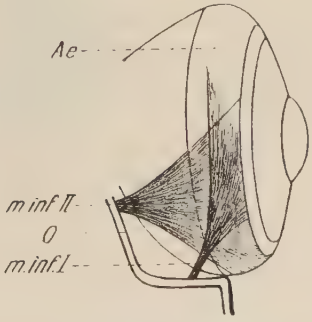

Fig. 5.
Ventralansicht von *Chiroteuthis*.

schräg am Äquatorialknorpel mit fächerförmiger Ausbreitung seiner Fasern an. Die Oegopsiden (Fig. 3) zeichnen sich durch sehr breite Wurzeln aus. Im weiteren Verlauf verjüngt sich der Muskel, um dann mit schönem, breitem Fächer am Äquatorialknorpel anzusetzen. Ausnahme macht *Chiroteuthis* (Fig. 5) insofern, als die Wurzel hier äußerst schmal, aber kräftig ist. Die Fasern strahlen in besonders prächtigem Fächer aus.

M. inf. II (Fig. 3—5).

Dieser Muskel ist kräftig und breit entwickelt. Er hat seinen schmalen Ursprung am unteren Orbitalknorpel und inseriert bei schräg nach hinten gerichtetem Verlauf mit fächerförmiger Ausbreitung am distalen Rand des Äquatorialknorpels. Die kolossal breite Entwicklung dieses Muskels ist bei *Chiroteuthis* (Fig. 5) am sinnfälligsten. Die Myopsiden (Fig. 4) unterscheiden sich in bezug auf den Ursprung von den Oegopsiden, er ist hier nahe an der Basis des Knorpelstieles, also ziemlich am vorderen Orbitalknorpelrand, gelegen.

Dorsalfläche.

Drei M. superiores.

M. sup. I (Fig. 6, 7).

Die kräftige Wurzel dieses Muskels entspringt am oberen und hinteren Orbitalknorpelrand. Der Ansatz ist äußerst zart ausgebildet. Bei den Oegopsiden (Fig. 6) kann man von zwei wohl getrennten Muskeln sprechen, einem M. sup. rectus und

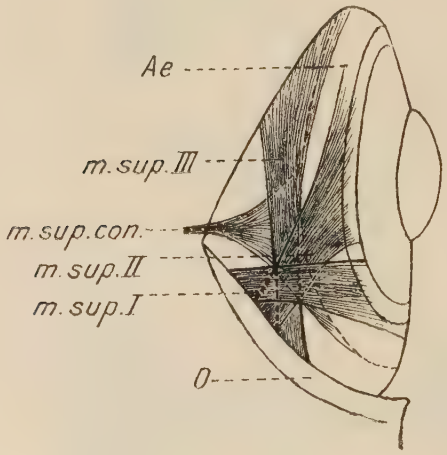

Fig. 6.
Dorsalansicht von *Todarodes* (nat. Gr.).

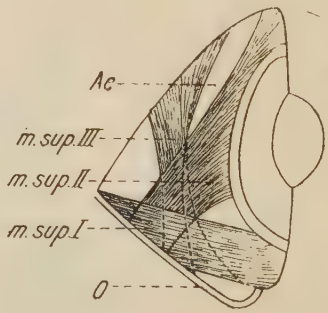

Fig. 7.
Dorsalansicht von *Loligo*.

einem M. sup. obliquus. Der M. sup. rectus zieht geradeaus — ist also am oberen Umfang des Bulbus gelegen, der M. sup. obl., in einzelne langgestreckte Bündel aufgelöst, nimmt einen schräg nach hinten gerichteten Verlauf, indem er unter dem M. post. II hinwegzieht. Er ist in der Abbildung nicht zur Darstellung gebracht worden. Beide Muskeln sind bei den Myopsiden (Fig. 2, 7) zu einer Einheit verschmolzen. Der gemeinsame Muskel verläuft hier schräg nach hinten unter dem M. post. II hinweg. Verschmelzungen von Muskeln gelten, wie Brock (1880) erwähnt, als höhere Differenzierungen. Die Annahme Brocks (1880) und Chuns (1910), daß die Oegopsiden die

phylogenetisch älteren und primitiven Vertreter der Decapoden seien, würde damit bestätigt werden.

M. sup. II (Fig. 6, 7).

Es ist ein kräftiger Muskel, der seine Fasern fächerförmig ausstrahlen läßt. Sein Ursprung am oberen Orbitalknorpelrand ist bedeckt von der Wurzel des M. sup. I. Er nimmt einen schräg nach vorn gerichteten Verlauf. Dieser Muskel ist bei den Oegopsiden (Fig. 6) etwas schmal, aber kräftig entwickelt, bei den Myopsiden (Fig. 7) nimmt er eine auffallend breite Gestalt an. Er ist hier doppelt so breit wie bei den Oegopsiden, dafür aber nicht ganz so kräftig. Bei *Rossia* sind Ursprung und Ansatz von gleicher Breite.

M. sup. III (Fig. 6, 7).

Er ist der kräftigste von den drei M. superiores, aber auch am schmalsten. Er ist um die Hälfte schmäler als der M. sup. II, mit dem er sich kreuzt. Sein Ursprung befindet sich am oberen Orbitalknorpelrand. Der Muskel zieht parallel dem proximalen Rand des Äquatorialknorpels nach der vorderen Fläche des Bulbus. Er nimmt also einen queren Verlauf und breitet seine Fasern fächerförmig aus. Besonders schön breit ist der Fächer bei *Chiroteuthis* ausgeprägt.

M. sup. coniunctus (Fig. 6, 8, 10, 11, 15, 17).

Die kräftigen Sehnen dieser sonst relativ schwachen Muskeln beider Augen gehen eine innige Vereinigung ein, wie Fig. 8 im Schema zeigen soll. Das beiden Muskeln gemeinsame Stück der Sehnen ist dorsal von der Durchtrittsstelle des Schlundkopfes (*D*) gelegen. Der Muskel nimmt bei fächerförmiger Ausbreitung seiner Fasern, zum Teil unter dem weißen Körper hinwegziehend, einen ziemlich geraden Verlauf und hat einen zarten, nahe am proximalen Äquatorialknorpelrand gelegenen Ansatz. Dieser Muskel ist für alle Oegopsiden, auch die Tiefseeformen (Fig. 11), bezeichnend, den Myopsiden fehlt er. Bei *Rossia* ausschließlich (Fig. 18, der unbenannte Muskel) konnte ich einen Muskel feststellen, der an der Basis des Knorpelstieles entspringt und schräg dorsalwärts verläuft. Er dürfte diesem M. sup. con. entsprechen, ist allerdings hier nicht mit der Gegenseite zusammenhängend.

Mediane, vordere Fläche.

M. anteriores.

Zunächst fallen zwei ziemlich schwach entwickelte Muskeln auf,

die mit denen der Gegenseite eine Vereinigung eingehen (Fig. 8, 9, schematisch dargestellt).

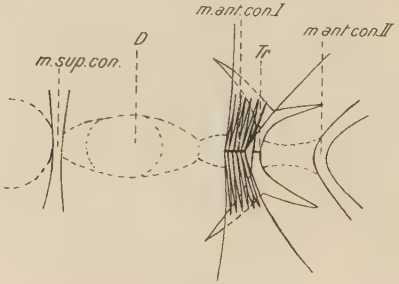

Fig. 8.

Die Vereinigungsstellen der M. coniuncti von *Illex* im Schema (von oben gesehen). Vergr. 5.

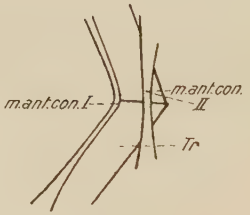

Fig. 9.

Die Vereinigungsstellen der M. coniuncti von *Loligo* im Schema. Vergr. 5.

M. ant. coniuncti.

Sie sind bei Oegopsiden (Fig. 10, 11) und Myopsiden (Fig. 12,

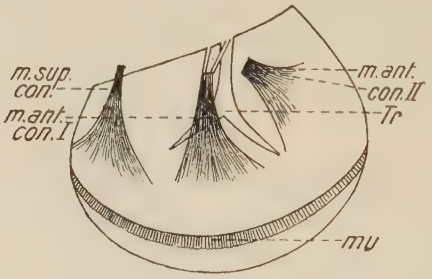

Fig. 10.

Innere Vorderansicht von *Illex*: M. coniuncti.

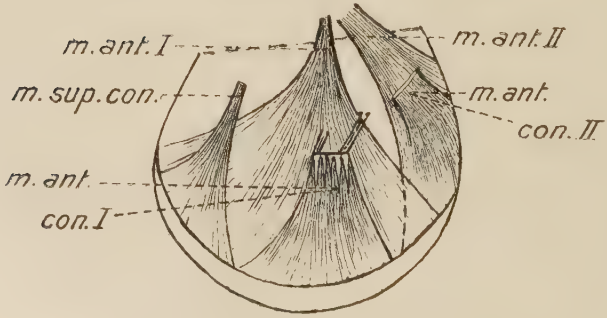

Fig. 11.

Innere Vorderansicht von *Abraliopsis*: M. coniuncti. Vergr. 4.

13, 14) ausgebildet, doch will ich sie getrennt behandeln, da sie von verschiedener Gestalt sind.

Oegopsiden:

M. ant. con. I (Fig. 10, 11).

Die kurzen, in einzelne, deutlich getrennte Züge aufgelöste Muskeln treffen auf einer von zwei Knorpelstücken gebildeten Platte zusammen, die am vorderen, medianen Orbitalknorpelrand zwischen beiden Knorpelstielbasen gelegen ist. Die kurzen, schwachen Muskeln nehmen einen geraden, fächerförmigen Verlauf, parallel den Knorpelstielen.

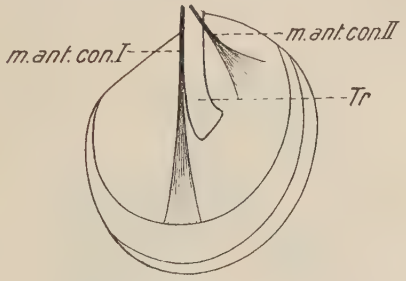

Fig. 12.
Innere Vorderansicht von *Rossia*: M. coniuncti.

M. ant. con. II (Fig. 10, 11).

Die Vereinigungsstelle beider Muskeln ist breit entwickelt. Diese kurzen Muskeln nehmen einen schräg ventralwärts gerichteten Verlauf.

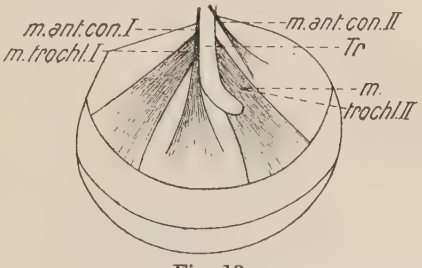

Fig. 13.
Innere Vorderansicht von *Loligo*: M. coniuncti.

Myopsiden:

Die entsprechenden Muskeln, deren Sehnen eine Vereinigung miteinander eingehen, sind von andrer Gestalt. Die Vereinigungsstellen bringt Fig. 9 zur Darstellung. Lange, schmale Sehnen sind für diese Muskeln der Myopsiden bezeichnend.

M. ant. con. I (Fig. 12—14).

Auffallend ist die äußerst lange, dünne Sehne. Der Muskel verläuft parallel dem Knorpelstiel und inseriert mit fächerförmiger Ausbreitung etwas unterhalb des proximalen Äquatorialknorpelrandes.

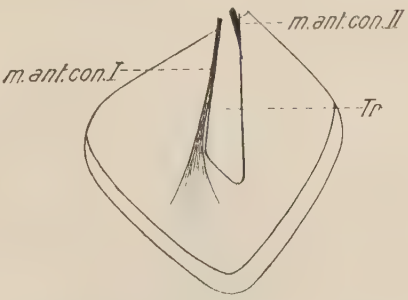

Fig. 14.
Innere Vorderansicht von *Sepia*: M. coniuncti.

M. ant. con. II (Fig. 12–14).

Bezeichnend ist wieder die über die Knorpelstielbasis hinwegziehende, schmale Sehne. Der Verlauf des Muskels entspricht genau dem der Oegopsiden. Bei *Rossia* (Fig. 12) am besten ausgebildet,

bei *Loligo* (Fig. 13) schon weniger gut, ist dieser Muskel bei *Sepia* (Fig. 14) fast rückgebildet. Mit der Reduktion des Muskels geht eine Verbreiterung des Orbitalknorpels Hand in Hand. Also dürfte diese Tatsache einen Fortschritt in der Entwicklung bedeuten. Man könnte daraus den Schluß ziehen, daß *Sepia* die höchste, *Rossia* die niedrigste Stufe der Organisation einnimmt, während *Loligo* in der Mitte stehen dürfte.

Unter diesen M. anteriores coniuncti liegen zum Teil wenigstens die Trochlearknorpelmuskeln, die am Trochlearknorpel entspringen. Es sind meist zwei vorhanden, die allerdings nicht so scharf begrenzt sind, wie die Fig. 13, 15, 16 zeigen.

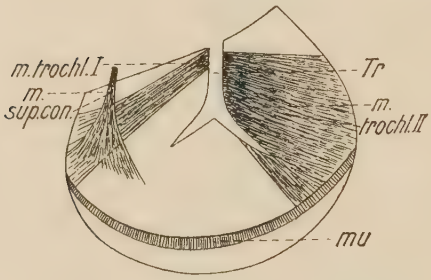

Fig. 15.
Innere Vorderansicht von *Illex*: Trochlearknorpelmuskeln.

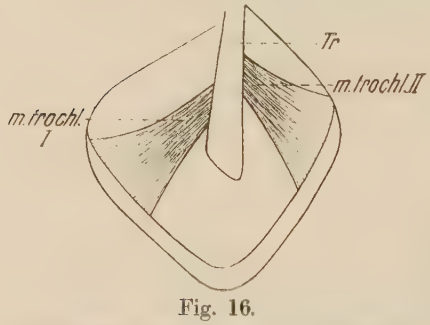

Fig. 16.
Innere Vorderansicht von *Sepia*: Trochlearknorpelmuskeln.

M. trochl. I (Fig. 13, 15, 16).

Mit kräftiger Wurzel entspringt er lateral am Knorpelstiel, bei den Oegopsiden (Fig. 15) mehr an der Basis, bei den Myopsiden (Fig. 13, 16) in der Mitte desselben. Er nimmt einen schräg dorsalwärts gerichteten Verlauf bei fächerförmiger Ausbreitung seiner Fasern. Bei den Oegopsiden (Fig. 15) wird der Ansatz zum Teil von dem des M. sup. con. bedeckt.

M. trochl. II (Fig. 13, 15, 16).

Er hat seinen kräftig entwickelten Ursprung lateral am Knorpelstiel, bei den Oegopsiden (Fig. 15) fast vom ganzen seitlichen Knorpelstiel, bei den Myopsiden (Fig. 13, 16) nur von der Mitte an ausgehend. Bei seinem schräg ventralwärts gerichteten Verlauf läßt er seine Fasern fächerförmig auseinanderstrahlen. In Ermangelung eines Knorpelstiels fehlen den Tiefseeformen *Chiroteuthis* und *Abraliopsis* die Trochlearknorpelmuskeln.

Die letztgenannten Muskeln bedecken zum Teil die beiden M. anteriores, deren Ansätze mit denen der M. ant. con. innig verschmel-

zen. Es sind beide kräftige Muskeln mit fächerförmiger Ausbreitung ihrer Fasern.

M. ant. I (Fig. 11, 17—19).

Ausgezeichnet ist er durch eine fleischige Wurzel. Sein Ursprung liegt ein wenig unterhalb der Basis des Knorpelstieles am vorderen, medianen Orbitalknorpel. Er nimmt einen geraden, fächerförmigen Verlauf unmittelbar unter dem Knorpelstiel entlang. In bezug auf seinen Ansatz geht er eine innige Verschmelzung mit dem des M. ant. con. I ein (Fig. 11). *Abraliopsis* (Fig. 11) zeigt eine breite Entwicklung des Fächers bei schwächerer Ausbildung der Wurzel. Mächtig entwickelt ist der M. ant. I bei den Myopsiden (Fig. 17, 19), mit Ausnahme von *Rossia* (Fig. 18), wo er außerdem parallel dem Knorpelstiel zieht. Bei *Sepia* (Fig. 19) ist er für den Durchtritt eines an der Spitze des Knorpelstieles entspringenden Muskels gespalten.

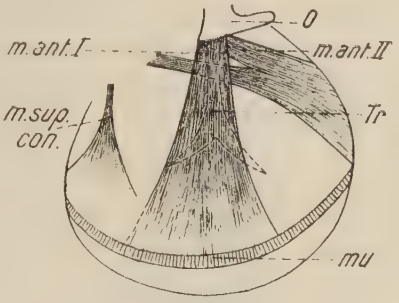

Fig. 17.
Innere Vorderansicht von *Illex*: M. anteriores.

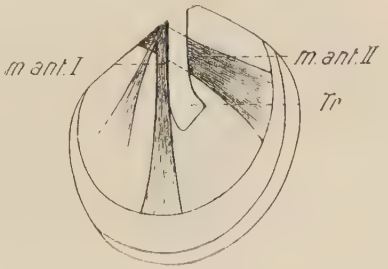

Fig. 18.
Innere Vorderansicht von *Rossia*: M. anteriores.

M. ant. II (Fig. 11, 17–19).

Der kräftige Ursprung ist unter dem des M. ant. I am vorderen, medianen Orbitalknorpel gelegen. Der Muskel zieht schräg ventralwärts. Seine fächerförmig ausstrahlenden Fasern sind mit denen des M. ant. con. II verschmolzen (Fig. 11). Dieser Muskel ist bei allen von mir untersuchten Arten gefunden worden. Eine merkwürdige Ausnahme macht *Sepia* (Fig. 19). Hier tritt offenbar der schon von Krohn beschriebene schmale Muskel ein.

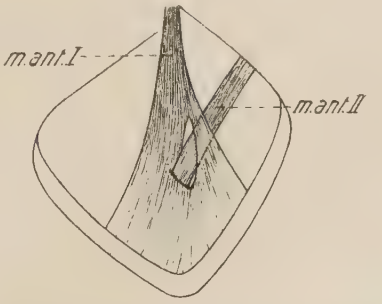

Fig. 19.
Innere Vorderansicht von *Sepia*: M. anteriores.

Er entspringt unmittelbar unter der Spitze des Knorpelstiels, spaltet den M. ant. I, zieht unter diesem hinweg und nimmt bei immer gleichbleibender Breite einen dem proximalen Rand des Äquatorialknorpels parallel gerichteten Verlauf ventralwärts, um am Bulbus zu inserieren.

b) Octopoden.

1. *Argonauta argo* (Fig. 20—23).

Argonauta ist als primitivste Organisationsstufe der Octopoden in bezug auf die Muskulatur, wie Brock (1880) auch für die Muskeln des Körpers fand, speziell zu behandeln. Die übrigen Octopoden

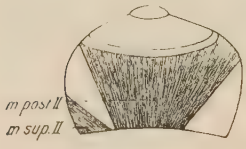

Fig. 20.
Hintere Ansicht von *Argonauta*.

Fig. 21.
Ventralansicht von *Argonauta*.

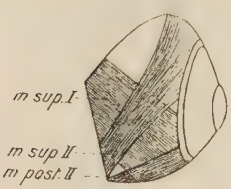

Fig. 22.
Dorsalansicht von *Argonauta*.

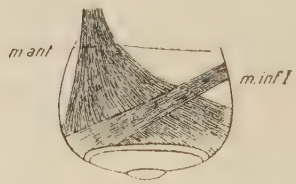

Fig. 23.
Vorderansicht von *Argonauta*.

zeigen als höhere Differenzierungen Verschmelzungen von Muskeln zu einer Einheit, z. B. bei *Argonauta* (Fig. 22) sind zwei M. superiores vorhanden, die bei den übrigen Octopoden einen großen, schalenartigen Muskel ausmachen (Fig. 26). Die Anordnung der meist kräftig entwickelten Augenmuskeln von *Argonauta* zeigt eine gewisse Ähnlichkeit mit der der Decapoden. Die etwas vorstehenden Augen sind als einzige Ausnahme der Octopoden lateral gelegen wie die der Decapoden.

Der M. post. II (Fig. 20—22) ist besonders kräftig und breit entwickelt; er läßt seine Fasern dorsal- und ventralwärts ausstrahlen. Der schmale, schräg über den M. post. II hinwegziehende Muskel der Decapoden wurde vermißt. Eine kräftige Ausbildung zeigt der M.

inf. I (Fig. 21, 23). Er ist auch von beträchtlicher Länge, seine Fasern ziehen in schrägem Verlauf bis zur vorderen Fläche des Bulbus. Mit sehr kräftiger Wurzel entspringt der M. inf. II (Fig. 21) am unteren Orbitalknorpel. Er nimmt einen geraden und schräg nach hinten gerichteten Verlauf in Form eines Fächers. Relativ kräftig ist auch der M. sup. II (Fig. 22), ähnlich dem der Myopsiden. Merkwürdigerweise liegt der dem M. sup. I der Decapoden entsprechende Muskel unter dem M. sup. II (Fig. 22). Dieser ist von zarter Natur, entspringt am ganzen oberen Orbitalknorpelrand und zieht schräg nach hinten unter dem M. post. II hinweg. Ein M. sup. III ist nicht ausgebildet. Was die M. anteriores betrifft, so ist bei *Argonauta* (Fig. 23) nur ein mächtiger Muskel vorhanden, der die beiden M. anteriores der Decapoden ersetzen dürfte. Seinem Verlauf nach entspricht er offenbar diesen beiden Muskeln. Äußerst kräftig entwickelt, läßt er seine Fasern vor allem ventralwärts ausstrahlen. Der Orbitalknorpel ist allseitig, auch an der vorderen Fläche ausgebildet. Die M. ant. con. der Decapoden fehlen, ebenso in Ermangelung eines Knorpelstieles die Trochlearknorpelmuskeln.

2. Die übrigen Octopoden (Fig. 24—26).

Die Augen der übrigen Octopoden (*Octopus*, *Eledone*) nehmen eine andre Lage im Kopfe ein als die der Decapoden und Argonauta. Bei allen Decapoden, sowie *Argonauta* stehen sie gerade an den Seiten des Kopfes und erscheinen von der dorsalen und ventralen Seite rein im Profil; bei den Octopoden (Fig. 26) sind sie mehr nach der dorsalen Seite hingewandt und nehmen daher eine etwas schräge Stellung ein. Damit hängt es zusammen, daß die Ursprungsstellen und der Verlauf der den Decapoden entsprechenden Muskeln der Octopoden in eine andre Lage im Vergleich zum Körper des Tieres gekommen sind.

Die am hinteren Orbitalknorpel entspringenden Muskeln der Decapoden rücken mitsamt der Ursprungsstelle etwas nach oben. Die an der unteren Orbita gelegenen Muskelursprünge befinden sich bei den Octopoden mehr am hinteren Orbitalknorpel. Die M. anteriores der Decapoden kommen nach unten zu liegen, und die M. superiores sind ein wenig nach dem vorderen Orbitalknorpel verlagert. Allen Octopoden fehlt der Knorpelstiel, dafür ist der Orbitalknorpel auch an der vorderen Fläche des Auges ausgebildet, wie es auch bei *Argonauta* der Fall ist. Die Octopodenaugen zeigen eine starke Reduktion der Zahl der Muskeln. Es sind, wenn man von zwei schwachen, kaum differenzierten Muskeln absieht, nur vier kräftige Muskeln zu unterscheiden, die denen der Decapoden identisch erklärt werden können,

aber infolge der erwähnten Verschiebung des Auges eine andre Lage einnehmen. *Octopus* und *Eledone* stimmen ganz und gar überein.

Der M. post. II (Fig. 24, 26) ist mehr dorsal gelegen. Er nimmt seinen Ursprung am hinteren und oberen Orbitalknorpel, zieht in seiner vollen Breite schräg dorsalwärts und inseriert am distalen Rand des Äquatorialknorpels. Dem M. inf. I der Decapoden entspricht der bei weitem schmalste Muskel der Octopoden, der aber kräftig entwickelt ist (Fig. 24, 25). Er entspringt nahe am hinteren Orbitalknorpelrand und setzt bei etwas schrägem Verlauf ventralwärts am distalen Rand des Äquatorialknorpels an. Die M. superiores der Decapoden oder die beiden M. superiores von *Argonauta* vertritt ein umfangreicher, kräftiger Muskel (Fig. 26), den man als Schalenmuskel bezeichnen könnte. Präpariert man den breiten M. post. ab, so kommt dieser Schalenmuskel in voller Größe zum Vorschein. Er umfaßt die ganze obere Fläche des Bulbus schalenartig. Am ganzen vorderen Orbitalknorpelrand nimmt er seinen Ursprung und heftet sich am Äquatorialknorpel an. Er kann infolge seiner breiten Ausdehnung nicht als solcher zur Darstellung gebracht werden. Dem M. anterior I der Decapoden dürfte der kräftigste und leistungsfähigste Muskel der Octopoden (Fig. 25) identisch zu erklären sein. Er könnte besser M. inferior genannt werden, da er am unteren Rande des Orbitalknorpels mit kräftiger Wurzel entspringt. Er läßt seine Fasern vor allem nach der vorderen Fläche des Bulbus fächerförmig bei sonst ziemlich geradem Verlauf ausstrahlen. Es sind noch die zwei äußerst schwachen, wenig differenzierten Muskeln zu erwähnen, deren Grenzen in den Abbildungen nur

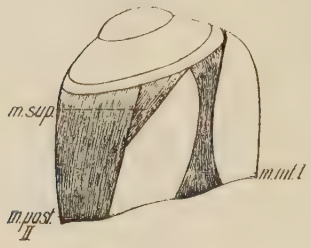

Fig. 24.
Hintere Ansicht von *Octopus*.

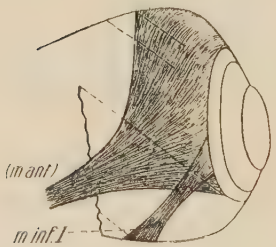

Fig. 25.
Ventralansicht von *Octopus*.

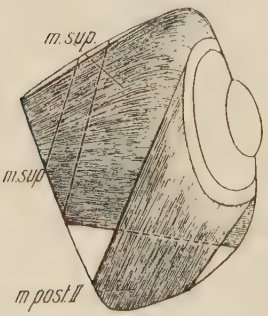

Fig. 26.
Dorsalansicht von *Octopus*.

gestrichelt angedeutet sind. Der eine, sehr dünn und breit (Fig. 25), entspringt am unteren Orbitalknorpel über dem erwähnten Muskel. Seine Fasern nehmen einen schräg nach hinten gerichteten Verlauf, indem sie die ganze hintere Fläche des Bulbus überziehen, um am Äquatorialknorpel zu inserieren. Er dürfte dem M. inf. II der Decapoden zu vergleichen sein. Der andre (Fig. 26, 25) ist ein sehr langer, aber schmaler Muskel, der sich aus einzelnen, deutlich voneinander getrennten Muskelbündeln zusammensetzt. Am oberen Orbitalknorpelrand, unter dem M. superior entspringend (Fig. 26), ziehen die einzelnen Bündel nach der vorderen Fläche des Bulbus.

2. Funktionelle Bedeutung der Augenmuskeln.

Bereits Hensen (1865) gibt über die Augenbewegung einige Bemerkungen. Infolge der Lagerung des Bulbus zum Ganglion sei eine ausgiebige Bewegung nicht gut denkbar. Der eine am Äquatorialring ansetzende Hauptbewegungsmuskel (M. ant. I) des Auges von *Sepia* drehe bei seiner Kontraktion die Sehachse mehr nach vorn. Eine Drehung des Gesamtauges sei ausgeschlossen, da die Knorpelhaut am vorderen Umfang des Bulbus zu wenig resistent sei und sich in Falten lege. So könne nur die Linse mit dem Äquatorialring nach dem Vorderende des Tieres gerichtet werden.

Beer (1897) widerlegt Hensen in verschiedenen Punkten und beweist auf Grund seiner Versuche an lebenden Objekten, daß eine ausgiebige Bewegung, sogar ein Zurückziehen des Bulbus bei den meisten Cephalopoden möglich sei. Er berichtet darüber folgendes: »Nach meinen eigenen Beobachtungen ist die Beweglichkeit der Augen bei den verschiedenen Arten der Cephalopoden sehr verschieden. Bei manchen Arten — bei vielen Ommatostrephiden z. B. — sind die Augen in die knorplige Orbita so eng eingepaßt, die Muskeln so wenig entwickelt, daß von einer nennenswerten Beweglichkeit des Auges keine Rede sein kann. Es wäre aber ungerechtfertigt, den Cephalopoden überhaupt die Beweglichkeit des Auges abzusprechen. Sie ist bei den Sepiarien schon eine bessere, und bei vielen Octopodiden sind die Augen sogar äußerst beweglich, wovon man sich bei Beobachtung des lebenden Tieres und durch Reizversuche am frischen Präparat überzeugen kann. Bei Reizung der Augenmuskeln dreht sich das Auge ganz ähnlich wie ein Wirbeltierauge bei Reizung seiner Muskeln je nach der entsprechenden Richtung. Von einer horizontalen Verschiebung der Linse gegen die Netzhaut, von einer Faltung der Knorpelhaut, der Retina, habe ich nichts wahrgenommen.« Beer bringt eine Abbildung, die

lehren soll, daß das Ganglion opticum kein Hindernis für ausgiebige Bewegungen des Bulbus abgibt. Seiner Behauptung, daß »die Muskeln der Ommatostrephiden wenig entwickelt seien«, kann ich nicht beistimmen. Die Oegopsiden *Illex*, *Todarodes* und *Ommatostrephes* zeigen eine gleichkräftige Entwicklung der Muskulatur wie die Myopsiden, z. B. *Sepia*; also dürfte dieser Faktor für eine geringe Bewegungsmöglichkeit der Augen der Ommatostrephiden (Oegopsiden) nicht so sehr in die Wagschale fallen. Jedenfalls steht nach seinen Ausführungen fest, daß die meisten Cephalopoden ihren Augenbulbus nach allen Seiten hin bewegen können. Die allseitige Bewegung konnte Magnus (1902) bei Octopoden feststellen, und Muskens (1904) berichtet von einer kompensatorischen Augenbewegung der Octopoden. Er schreibt: »Es stellte sich bald heraus, daß diese hochorganisierten Tiere ein System von kompensatorischen Augenbewegungen besitzen, wie vielleicht kein andrer Repräsentant sowohl der Vertebraten als der Invertebraten. Die Eigenart der kompensatorischen Augenbewegungen der Octopoden liegt vornehmlich darin, daß dieselben hauptsächlich, ja fast ausschließlich in der vertikalen, mit der Längsachse des Tieres zusammenfallenden Ebene zu Stande kommen«. Er stellte fest, daß das Tier eine kompensatorische Augenrotation bis 90° vollzieht.

Es ist also zweifellos, daß die Augen der meisten Cephalopoden ausgiebige Bewegungen auszuführen vermögen. Auf Grund des anatomischen Befundes der Muskeln ist es ersichtlich, daß eine derartige nach allen Richtungen gehende Bewegung möglich sei, wenn auch nicht alle von mir beschriebenen Muskeln Bewegungen des Bulbus vermitteln dürften. Zunächst bei den Decapoden wird der schwache M. post. I (Fig. 1, 2) von ganz geringem Einfluß sein. Dem M. ant. con. I und II (Fig. 10—14) und dem M. sup. con. (Fig. 6, 10, 11) ist infolge ihrer schwachen Ausbildung eine Bewegungsmöglichkeit des Bulbus kaum zuzuschreiben. Die M. anteriores con. der Oegopsiden (Fig. 10, 11) dienen scheinbar nur dem Zwecke, die vorn sehr nahe aneinander tretenden Augen zusammenzuhalten. Es sind gewissermaßen Verbindungsbrücken zwischen beiden Augen bei Ermangelung des Orbitalknorpels an dieser Stelle. Dagegen dürften die folgenden kräftigen Muskeln der Decapoden eine Bewegung des Bulbus vollziehen können: der M. post. II, die M. inf., die M. sup. und die beiden M. ant. Was die Leistungsfähigkeit der Muskeln bei den Octopoden anlangt, so kommen vor allem die vier kräftigen Muskeln in Frage, während die beiden andern schwach ausgebildeten eine Bewegung kaum vermitteln können.

B. Knorpelgebilde.

In Zusammenhang mit den Muskeln sind die beiden Knorpelgebilde, der Trochlearknorpel und der Hufeisenknorpel, zu behandeln. Beide sind nur für die Decapoden typisch; die Octopoden haben sie nicht aufzuweisen. Der an der vorderen, medianen Fläche des Auges gelegene Trochlearknorpel ist von verschiedener Gestalt. Charakteristisch für die Oegopsiden (*Illex*, *Todarodes*) ist eine kurze, schmale Form des Stiels mit einer dichotomen Verzweigung (Fig. 10). Bezeichnend für die Myopsiden (*Rossia* Fig. 12, *Loligo* Fig. 13, *Sepia* Fig. 14) ist eine lange, oft keulenförmige Ausbildung. Den Tiefseeformen *Chiroteuthis* und *Abraliopsis* fehlt dieser Trochlearknorpel.

Der Hufeisenknorpel konnte bei allen von mir untersuchten Formen der Decapoden festgestellt werden. Auch die Tiefseeformen besitzen ihn, allerdings in ganz schwacher Ausbildung. Hensen (1865) beschreibt diesen Knorpel folgendermaßen: »Rings dem dickeren Abschnitt der Knorpelhaut angelehnt, finden wir nun noch bei *Sepia* und *Sepiola* einen besonderen Hilfsapparat, den Hufeisenknorpel. Es liegt dieser Knorpel rings in den Winkel eingekeilt, welcher an der Ansatzstelle des visceralen Kapselblattes hinter dem Bulbus sich bildet, nur vorn, wo der Trochlearknorpel liegt, fehlt er. In der Nähe desselben endet er mit zugeschärftem Rande. Er hat einen dreieckigen Querschnitt, die Basis dieses Dreieckes ist konkav und liegt dem Bulbus an, die Spitze ist ein wenig ausgezogen, so daß der ganze Knorpel hier eine Firste trägt, doch setzen sich keine Muskeln an ihn an. Ich bemerkte auch nirgends Apparate, die ihn innig an den Bulbus binden, sondern er liegt nur in einer von zierlichen, sternförmigen Zellen durchsetzten Gallerte.«

Entgegen der Behauptung Hensens, daß sich am Knorpel keine Muskeln ansetzen, kann ich feststellen, daß sich bei allen Formen, die ich untersuchte, am Knorpel in seiner ganzen Länge zahlreiche, kurze Muskelbündel anheften. Sie entspringen am hinteren Orbitalknorpelrand unmittelbar unter dem Ursprung des M. post. II und inserieren an der von Hensen beschriebenen Firste des Knorpels. Die mikroskopische Untersuchung läßt die muskulöse Struktur dieser kurzen Bündel deutlich erkennen. Außerdem nehmen an beiden Enden des Knorpels Muskelfasern ihren Ursprung, die sich am Bulbus ansetzen. Es ist somit eine Bindung des Knorpels an den Bulbus geschaffen.

II. Anatomische und histologische Untersuchungen, vornehmlich bei Chiroteuthis imperator.

Es gelangten fünf Exemplare von *Chiroteuthis imperator* zur Untersuchung. Eins von ihnen wurde auf der deutschen Tiefsee-Expedition erbeutet, die andern stammen aus der Sammlung Doflein und wurden in der japanischen Sagamibai gefangen. Für die Überlassung dieses so wertvollen Materials bin ich Herrn Geheimrat Chun zu ganz besonderem Danke verpflichtet. Von andern Arten wurden herangezogen: *Abraliopsis*, *Illex*, *Ommatostrephes*, *Sepia*, *Loligo*, *Rossia*.

Chun (1910) machte über das Auge von *Chiroteuthis* vor allem, was die äußere Form angeht, folgende Angaben: »Die in der Mitte des Kopfabschnittes liegenden Augen quellen nicht vor und bedingen dadurch die walzenförmige Gestalt der gesamten Partie. Sie besitzen in der Aufsicht eine annähernd kreisrunde Kontur und sind in der Richtung der Hauptachse abgeplattet. Der Querdurchmesser beträgt bei dem von der Expedition erbeuteten Exemplare 23 mm, während die Hauptachse etwa 15 mm mißt. Wie aus diesen Maßen hervorgeht, handelt es sich immerhin um ansehnliche Augen, welche in der Mediane des etwa 32 mm breiten Kopfes so stark genähert sind, daß sie nur eine schmale Brücke zwischen sich frei lassen. Der Bulbus ist von schwärzlich grauer Farbe, und die 6 mm breite Iris zeigt Metallglanz. Die Pupille weist einen Durchmesser von 9 mm auf und wird von der etwas vorquellenden Linse ausgefüllt. Das Sehganglion ist stumpf dreieckig und liegt der hinteren Innenfläche des Bulbus, ein wenig der Dorsalseite genähert, an. Es ist in der Richtung der Augenachse abgeplattet und besitzt eine größte Breitenausdehnung von 13 mm. Wie eine Guirlande umfaßt es der unregelmäßig gelappte und dem Bulbus sich innig anschmiegende weiße Körper.«

Meine Untersuchungen beginnen mit der *Argentea externa*, die nach Entfernung des parietalen Blattes der Kapsel in ganzer Ausdehnung zu Tage tritt.

1. Argentea externa.

Sie zeigt bei *Chiroteuthis* (Fig. 27) denselben Verlauf wie bei allen andern Decapoden. Ausgezeichnet ist sie durch die prächtigen Leuchtorgane (Fig. 27 *lu*), die Chun (1910) so trefflich beschreibt. »Bei *Chiroteuthis* sind eine große Zahl linsenförmiger Leuchtorgane ausgebildet, die sich auf der Ventralfläche des Auges in drei Reihen anordnen und

durch ihren intensiven Glanz wie eine Kette von Edelsteinen auf dem dunklen Grunde des Bulbus hervorblitzen.«

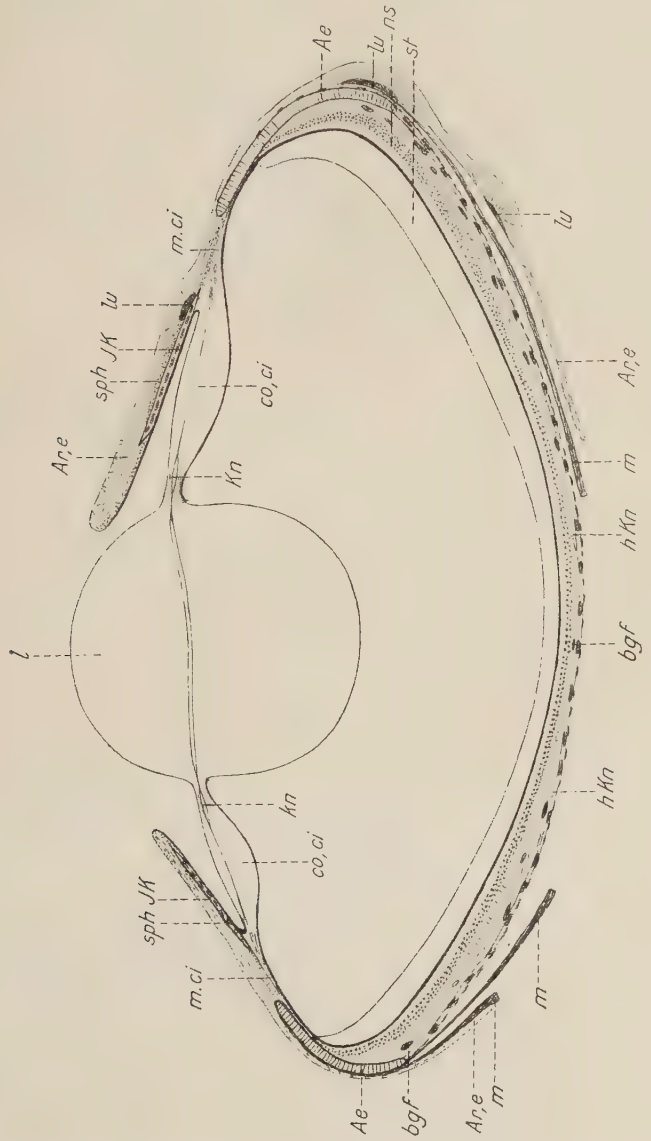

Fig. 27.
Dorsoventraler Medianschnitt durch das Auge von *Chiroteuthis* (etwas schematisiert). Vergr. 5.

Eine auffällig starke Entwicklung der Argentea externa in der Iris haben *Illex* (Fig. 28 *Ar, e*) und *Sepia* aufzuweisen.

2. Äußere Augenmuskeln.

Es sind die für Decapoden typischen Muskeln (Fig. 27 *m*), allerdings zum Teil sehr zart ausgebildet. In Ermangelung eines Knorpelstiels fehlen selbstverständlich die Trochlearknorpelmuskeln.

3. Argentea interna.

In ihrem ganzen Verlauf schmiegt sie sich bei *Chiroteuthis* eng an die Sclera als äußerst dünne Schichte an. Die Plättchen liegen nur ganz vereinzelt auf der dünnen Bindegewebelamelle. Nahe an der siebförmig durchlöcherten Stelle der hinteren Knorpelhaut ist sie kaum wahrnehmbar, während sie doch bei andern Arten (*Loligo*, *Illex*) gerade hier eine auffallende Stärke besitzt.

4. Sclera.

Nach Hensen (1865) ist von einer Dreiteilung der Sclera zu sprechen, a) dem Irisknorpel, b) dem Äquatorialknorpel, c) der hinteren Knorpelhaut. Die genannte Teilung in drei Partien sei für *Sepia* und *Loligo* durchaus durch den histologischen Unterschied der Teile, aber auch durch die Funktion bedingt. Was den histologischen Unterschied betrifft, so kann ich bei *Chiroteuthis* (Fig. 27), wie bei allen andern Oegopsiden feststellen, daß Irisknorpel (*Jk*) und hintere Knorpelhaut (*h kn*) von gleicher Struktur sind.

a) Irisknorpel.

Nach Hensen, der vor allem *Sepia* untersuchte, ist der Ring eine dünne, homogene, sehr biegsame Platte, in der sich nur hin und wieder Kerne zeigen. Bei *Chiroteuthis* (Fig. 29 *Jk*) und *Illex* (Fig. 28) finde ich dies nicht ganz bestätigt. Der Irisknorpel, in dem hier zahlreiche Knorpelkörper verstreut liegen, ist relativ dick entwickelt, bei manchen Exemplaren übertrifft er sogar den Äquatorialknorpel an Dicke. Auffallend dünne Entwicklung zeigt der Knorpel an der nach der hinteren Körperregion gelegenen Fläche des Augenbulbus. Bei *Chiroteuthis* (Fig. 27, 29) bedeckt er das Corpus ciliare in ganzer Länge, während der bei *Illex* (Fig. 28) kurz, aber besonders dick ausgebildete Knorpel ungefähr bis zur Mitte des Corpus ciliare sich erstreckt, um dann nach vorn in eine dünne, bindegewebige Lamelle auszulaufen. Was die an den Irisknorpel ansetzende Muskulatur betrifft, so kommen die bei Hensen erwähnten Sphincteren vor allem in Betracht, die nach seiner Beschreibung bei *Sepia* auf der äußeren Fläche des

Knorpels liegen. Er unterscheidet zwei Gruppen, die einen an und auf dem inneren freien Rande, die andern stärkeren an dem hinteren

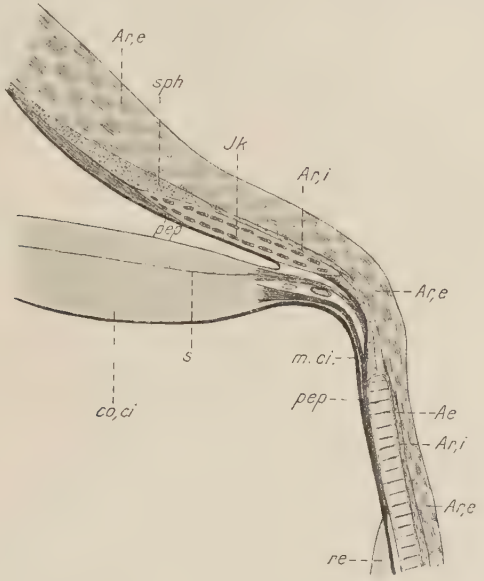

Fig. 28.
Schnitt durch das vordere Viertel des Auges von *Illex*. Vergr. 15.

Rande der Platte; auf der Mitte sei die Muskulatur sehr spärlich. Dagegen konnte ich bei *Chiroteuthis* (Fig. 27, 29) und *Illex* (Fig. 28)

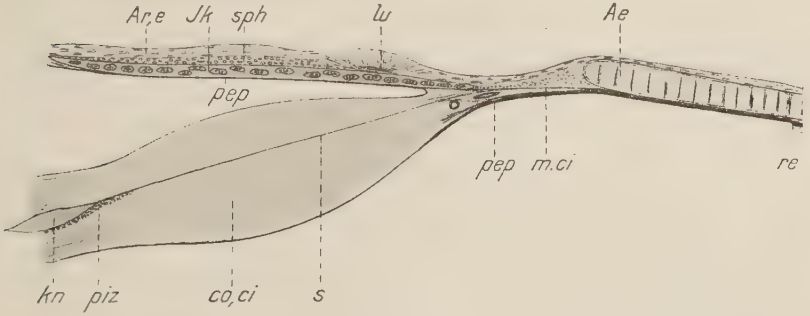

Fig. 29.
Schnitt durch das vordere Viertel des Auges von *Chiroteuthis*. Vergr. 15.

nur eine, dafür aber sehr kräftig ausgebildete Stelle des Sphincters feststellen, und zwar bei *Chiroteuthis* (Fig. 27, 29) gerade in der Mitte

des Knorpels, wo die Muskulatur bei *Sepia* nach Hensen sehr spärlich ist. Bei *Illex* (Fig. 28) ist sie weiter nach vorn gelegen. Wie der Irisknorpel an der nach der hinteren Körperregion gelegenen Fläche des Augenbulbus eine schwache Entwicklung zeigt, so gilt dies in ganz besonderem Maße für den Sphincter an dieser Stelle des Bulbus. An der Vorderfläche des Augenbulbus sind sowohl Irisknorpel als Sphincter am kräftigsten ausgeprägt.

b) Äquatorialknorpel.

Er ist bei *Chiroteuthis* (Fig. 27) nicht überall von gleicher Länge. Der die Ventralfläche des Bulbus ausmachende Teil ist ungleich länger ausgebildet als der dorsal gelegene Teil. Auch die an sich geringe Dicke des Knorpels ist ganz verschieden. An der dorsalen und ventralen Seite war er bei einem Exemplar 0,12 mm stark, während der an der Hinterfläche gelegene Teil nur 0,08 mm maß. Die sehr dünnen Wände zwischen den einzelnen Zellen sind allein stehen geblieben, da die Knorpelkörper meist infolge von Resorption geschwunden sind. Auch die Wände des Knorpels an der Innen- und Außenseite des Bulbus zeigen ganz schwache Entwicklung. Meist erstreckt sich, wie dies Hensen auch für *Sepia* fand, nur eine Zelle durch die ganze Dicke des Knorpels. Daß dies jedoch keine allgemeine Geltung haben kann, lehren verschiedene Beispiele. In dem mit dem Irisknorpel verbundenen Ende des Äquatorialknorpels kann man bei *Chiroteuthis* bisweilen zwei Reihen von Zellen beobachten. Ebenso ist es bei *Illex* der Fall. Das glänzendste Beispiel liefert die Ausbildung des Äquatorialknorpels von *Ommatostrephes* (Fig. 30). Hier sind sogar vier Zellen durch die ganze Dicke des Knorpels entwickelt. Somit finden Langers Angaben, die Hensen für unzutreffend erklärt hatte, auch ihre Bestätigung.

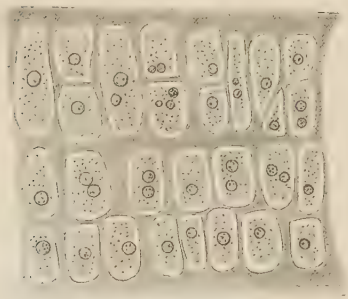

Fig. 30.
Längsschnitt durch den Äquatorialknorpel von *Ommatostrephes*. Vergr. 104.

c) Hintere Knorpelhaut.

Sie besteht bei *Chiroteuthis* (Fig. 27) aus einer dünnen, knorpligen Haut, in der vereinzelte Knorpelzellen anzutreffen sind. An

der hinteren, inneren Fläche des Bulbus, wo das Ganglion dem Bulbus anliegt, und an der siebförmig durchlöcherten Stelle, wo die Sehnerven hindurchtreten, ist sie auffallend stärker entwickelt, während man in der Gegend des vorderen, inneren Umfanges des Bulbus nur von einer zarten, bindegewebigen Lamelle sprechen kann. Durch ganz besondere Dicke zeichnet sich die hintere Knorpelhaut bei *Illex* aus, dort wo sie mit dem Äquatorialknorpel der hinteren Fläche des Bulbus in Verbindung steht. Hier übertrifft sie fast den Äquatorialknorpel an Stärke. Nach der vorderen Fläche hin nimmt sie allmählich an Dicke ab.

5. Ciliarmuskel.

Bereits Langer (1850), nach dem der Muskel benannt worden ist, hat ihn folgendermaßen beschrieben: »An dem vorderen Stück der Sclerotica entsteht ein Binnenmuskel des Auges; seine Lage im Ciliarkörper, sein Verhältnis zur Linse machen es sehr wahrscheinlich, daß er der Accommodation des Auges diene. Er ist ringförmig gestaltet und hängt einerseits mit der knorpligen Sclerotica an ihrem Ringe, andrerseits durch seinen inneren Rand mit dem Strahlenkranz zusammen. Sein Gewebe besteht aus Fasern, die von dem andrer Muskeln dieser Tiere sich in nichts unterscheiden. Es sind platte, sehr lichte Bänder, am Rißende undeutlich längsgestreift und mit nur wenigen bemerkbaren Kernen versehen. Die Fasern liegen dicht gedrängt aneinander und bilden die Radien in diesem muskulösen Ringe, nach außen entstehen sie vom Knorpelring, nach innen endigen sie an den Falten des Strahlenkranzes, und da dieser in die Linse eingeht, so ist unmittelbar der andre Angriffspunkt des Muskels die Linse selbst.« Dieser Langersche Muskel wurde von H. Müller (1854) bestätigt. Er stellte außerdem schiefe und kreisförmige Muskelfasern fest.

Hensen (1865) gab folgende Beschreibung: »Der radiäre Muskel liegt am weitesten nach innen, er geht mit vielem Bindegewebe gemischt, teilweise zum Corpus ciliare; mit seinen äußeren Fasern setzt er sich aber an die innere Fläche des Irisknorpels. Nach außen von ihm folgt der Ringmuskel, der übrigens auch ein wenig schräg gerichtet ist; er ist nicht mit dem Sphincter der Iris kontinuierlich; nach außen von diesem wiederum liegt der Schrägmuskel, der weiter nach der Iris zu fast radiär wird und sich stark an die Kante des Knorpels befestigt.«

Hess (1909), der die Accommodation des Cephalopodenauges auf Grund physiologischer Untersuchungen an diesem Muskel feststellt,

macht nachstehende makroskopische Angaben über die Anatomie des Muskels, indem er den Augenbulbus von innen aus betrachtet: »Peripheriewärts von dem Ciliarring (Corpus ciliare) treffen wir bei allen Cephalopoden auf einen zweiten konzentrischen Ring, der aber zum Unterschied von jenem nicht überall gleiche Breite hat. Er ist durch wesentlich dunkelbraune, bei Sepien fast schwarze Farbe ausgezeichnet und sowohl ciliarwärts wie netzhautwärts scharf begrenzt. Oben und unten ist er am schmalsten, vorn und hinten meist um die Hälfte breiter. Es ist eine meist gleichmäßig weiße oder zart gestreifte, halb durchscheinende Masse. Am gehärteten Auge tritt die Streifung sehr viel deutlicher hervor. Die einzelnen Streifen vereinigen sich ciliar-

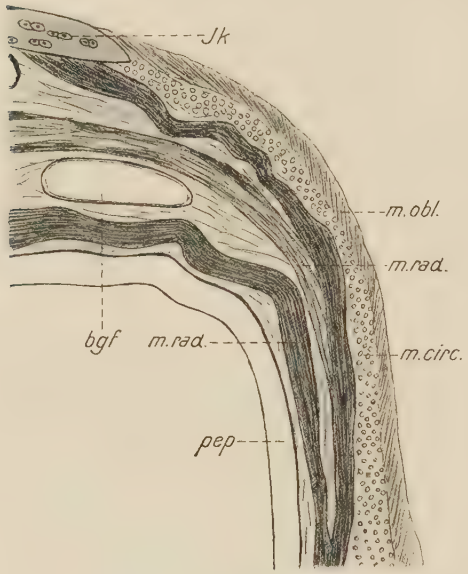

Fig. 31.
Längsschnitt durch den Ciliarmuskel von *Illex*. Vergr. 73.

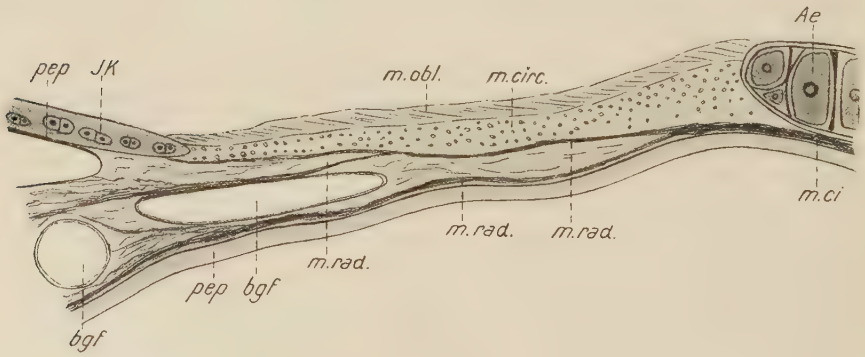

Fig. 32.
Längsschnitt durch den Ciliarmuskel von *Chiroteuthis*. Vergr. 73.

wärts zu feinen Bündeln, die kontinuierlich in die radiären Pfeiler des Ciliarringes übergehen.«

Was den ganzen Bezirk, den Radiär-, Ring- und Schrägmuskel,

bei *Chiroteuthis* (Fig. 32) anlangt, so stimmt er mit dem von *Illex* (Fig. 31) in bezug auf Ursprung, Verlauf und Ansatz vollkommen überein. Die schiefen, ringförmigen Muskelfasern sind genau so ausgeprägt wie bei *Sepia*; doch der Radiärmuskel läßt in bezug auf den Ursprung (Fig. 28, 29) eine kleine Abweichung erkennen. Er entspringt bei *Chiroteuthis* und *Illex* nicht, wie Hensen bei *Sepia* feststellt, an der äußeren Kante des Äquatorialknorpels, sondern nimmt seinen Ursprung an der inneren Wand des Knorpels, und zwar in der Mitte desselben, wo die Retina ihr Ende hat (Fig. 27, 28, 29). Dieses Verhalten scheint für alle Oegopsiden typisch zu sein. Den Verlauf des Radiärmuskels, der für eine Accommodation des Auges hauptsächlich in Frage kommt, möchte ich eingehender, als es bisher geschehen ist, beschreiben. Er läßt erkennen (Fig. 31, 32), daß er sich aus drei Teilen zusammensetzt. Zunächst zieht dieser Muskel, z. B. bei *Illex*, wo er am deutlichsten ausgeprägt ist, dem Knorpel eng anliegend, bis an dessen Ende (Fig. 28), um sich hier in zwei Äste zu teilen, die die großen Blutgefäße zwischen sich nehmen. Der innere, der am kräftigsten entwickelte, verläuft unterhalb der großen Ringgefäße und geht in den inneren Teil des Corpus ciliare. Der äußere Ast, der sich abermals teilt, zieht oberhalb der großen Gefäße. Der eine Teil, der zu äußerst gelegen ist, setzt sich an der hinteren, inneren Kante des Irisknorpels an, der andre, der stark von Bindegewebe durchsetzt ist, zieht nach dem Corpus ciliare, um sich in das starke Bindegewebsseptum fortzusetzen. Übrigens ist auch bei *Sepia* diese Dreiteilung des Radiärmuskels zu bemerken, nur mit dem schon erwähnten Unterschied, daß er an der vorderen Kante des Äquatorialknorpels entspringt. Sind diese drei Teile des Muskels bei *Sepia* kräftig, bei *Illex* (Fig. 31) sogar äußerst kräftig ausgebildet, so ist bei *Chiroteuthis* (Fig. 32) eine ganz schwache Entwicklung recht sinnfällig. Interessant ist z. B. ein Vergleich der Stärke des innersten Astes des Radiärmuskels von *Illex* und *Chiroteuthis* bei gleichgroßen Augen. Bei *Illex* hat die dünnste Stelle eine Dicke von 0,025 mm, die dickste 0,05 mm aufzuweisen, während bei *Chiroteuthis* die dickste Stelle nur 0,0065 mm mißt. Die dünnste Stelle von *Illex* ist also viermal, die dickste sogar achtmal so stark wie bei *Chiroteuthis*. Außerdem tritt bei *Chiroteuthis* das Bindegewebe stark in den Vordergrund, wie dies am besten die van Giesonsche Färbung beweist, die den Radiärmuskel z. B. fast nur rot färbt. Gelbgefärbte Muskelfasern sind nur ganz vereinzelt zu sehen. Diese starke Reduktion des Ciliarmuskels bei *Chiroteuthis* ist eine leicht erklärliche Anpassung

an das Tiefenleben, und man kann wohl auf Grund dieses Befundes, für *Chiroteuthis* wenigstens, die berechtigte Annahme machen, daß dieser Tiefseeform kaum ein Accommodationsvermögen zukommen kann. Chun (1910) konnte bei *Benthoteuthis* auch nur eine ganz schwache Ausbildung des Ciliarmuskels feststellen; er war jedoch der Meinung, daß den Tiefseecephalopoden eine geringe Accommodationsfähigkeit nicht abzusprechen sei. Bei *Chiroteuthis* sprechen also zwei Gründe gegen eine Funktionsfähigkeit. 1. die äußerst schwache Entwicklung dieses Muskels, zumal wenn man die relativ große Form der Augen in Betracht zieht, 2. die vorwiegende Ausbildung des Bindegewebes, in dem Muskelfasern nur ganz vereinzelt anzutreffen sind.

6. Die muskulöse Verbindung des Äquatorialknorpels mit der hinteren Knorpelhaut.

Präpariert man ein Auge, z. B. von *Illex*, so weit ab, daß die ganze Sclera zutage tritt, so kann man an der ganzen vorderen Fläche des Augenbulbus zwischen Äquatorialknorpel und hinterer Knorpelhaut schon mit bloßem Auge einen deutlich sich abhebenden, sichelförmigen Bezirk beobachten (Fig. 10, 15, 17), der dorsal- und ventral-

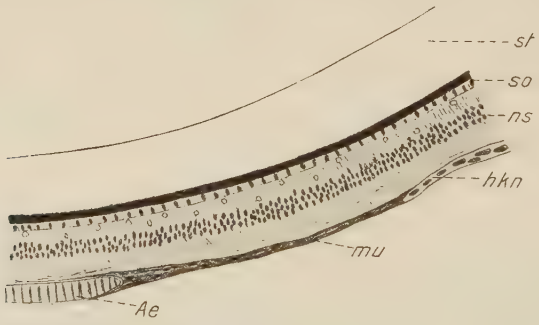

Fig. 33.

Längsschnitt durch die muskulöse Verbindung des Äquatorialknorpels mit der hinteren Knorpelhaut. Vergr. 41.

wärts ganz allmählich immer schmäler wird. Er ist bisher noch nicht beschrieben worden. Untersucht man diese Stelle mikroskopisch, so findet man, daß es sich um eine Einschaltung zwischen Äquatorialknorpel und hinterer Knorpelhaut handelt, die bei *Illex* fast ausschließlich aus Muskelfasern, wie Fig. 33 (*mu*) zeigt, bei den Myopsiden *Rossia* und *Loligo* aus Bindegewebe und Muskelfasern besteht. Die Muskelfasern, die radiär verlaufen, sind mit den typischen, länglichen Kernen ausgestattet. Bei den Tiefseeformen *Abraliopsis* und

Chiroteuthis läßt sich eine deutliche Ausbildung nicht feststellen. Die Myopsiden zeigen eine breitere Entwicklung des ganzen Bezirkes.

Möglicherweise steht dieser sichelförmige Muskelbezirk im Dienste der Accommodation. Bekanntlich hat Hess (1909) eine einwandfreie, jetzt allgemein anerkannte Theorie über den Accommodationsmechanismus aufgestellt. Ihm gelang es, durch Reizung des Gehirnganglions die Kontraktion des Ciliarmuskels zu bewirken. Diese Kontraktion bedingt es, daß die dem Muskel entsprechende, ringförmige Partie der Augenhöhle verkleinert, und der Druck im Innern erheblich gesteigert wird. Durch den gesteigerten intraocularen Druck wird nicht nur die mit den Bulbushüllen aufs innigste zusammenhängende Linse ohne Änderung ihrer Form nach vorn gedrängt, sondern daneben werden, wie Hess besonders hervorhebt, auch die nachgiebigen Hüllen der hinteren Bulbushälfte ausgebuchtet.

Da der von mir beschriebene Muskelbezirk einen Teil der Bulbushülle selbst ausmacht, kann er um so eher für die Accommodation in Frage kommen. Zwei Möglichkeiten einer Erklärung lassen sich anführen: 1. die Kontraktion erfolgt gleichzeitig mit der des Ciliarmuskels, wobei der intraoculare Druck entsprechend erhöht werden dürfte. 2. die Kontraktion tritt erst ein, nachdem sich der Ciliarmuskel kontrahiert und die hintere Hälfte des Bulbus ausgebuchtet hat. Auf diese Weise könnte es der Muskel bedingen, daß diese hintere Bulbushälfte in ihre alte Lage gebracht würde.

Der Muskelbezirk befindet sich, wie erwähnt, nur an der vorderen Augenfläche. Dies hat seinen Grund in folgendem: an der hinteren, median gelegenen Fläche liegt das Ganglion dem Bulbus eng an, so daß hier der Bulbus sich nicht ausbuchten kann. Also würde an dieser Stelle der Muskel überhaupt nicht wirken können.

7. Corpus ciliare.

Es zeigt bei *Chiroteuthis* (Fig. 27, 29) denselben Bau wie bei allen andern Cephalopoden; besonders reichlich ist es von Blutgefäßen durchsetzt. Das Bindegewebsseptum, das aus dem mittleren Teil des Radiärmuskels hervorgeht, läuft bis zur Linse. Es ist kurz vor dem Übergang in die Linse durch eine Verdickung ausgezeichnet (Fig. 27, 29), die, scheinbar knorpliger Natur, einen schützenden Ring um das Auge bildet. Unterhalb dieser Anschwellung in dem hinteren Ciliarknorpel treten stark pigmentierte Zellen auf (Fig. 29). Die großen Epithelzellen (auf den Zeichnungen nicht zu sehen) kommen kaum bis an die verdickte Stelle des Bindegewebsseptums heran, stehen also

in weitem Abstand von der Linse, so daß ihre faserigen Ausläufer, die alle nach der Linse streben, besonders lang erscheinen. Das der hinteren Fläche des Corpus ciliare anliegende Pigmentepithel ist nur schwach entwickelt (Fig. 29).

8. Retina.

Für die Erörterungen über die Retina möchte ich ausschließlich die von *Chiroteuthis* in Betracht ziehen. Sie erstreckt sich allseitig bis zur Mitte des Äquatorialknorpels (Fig. 27). Zwischen ihr und der Sclera kommen viele große Capillaren in einem sternförmigen Bindegewebe vor (Fig. 27, 34). Auch unterhalb der Basalmembran (Fig. 34) liegen zahlreiche Gefäße, die mehr oder weniger von rundlichen Blutkörpern und ihren meist zwei- und dreilappigen Kernen erfüllt sind. Die Retina ist nicht überall, wie Fig. 27 zeigt, von derselben Dicke, und zwar sind es vor allem die verschieden langen Stäbchen, die diese Formveränderung bedingen. In der Mitte ist eine Zone, die kürzere Stäbchen von 0,21 mm Länge aufzuweisen hat. Dorsalwärts sind sie bereits 0,27 mm lang. Die dickste Stelle aber, die des deutlichsten Sehens, ist mehr ventral gelegen und ist durch 0,32 mm bis 0,36 mm lange, dicht gedrängt stehende Stäbchen ausgezeichnet. An dieser Stelle zeigt auch die Kernregion (Fig. 27) ein besonderes Verhalten, indem hier mehrere Schichten von Sehzellenkernen, die teils oval, teils rund gestaltet sind, auftreten. Eine Fovea, wie sie Chun (1910) bei *Benthoteuthis* beschreibt, konnte ich nicht feststellen; die ventral gelegene, verdickte Stelle entspricht ihr offenbar.

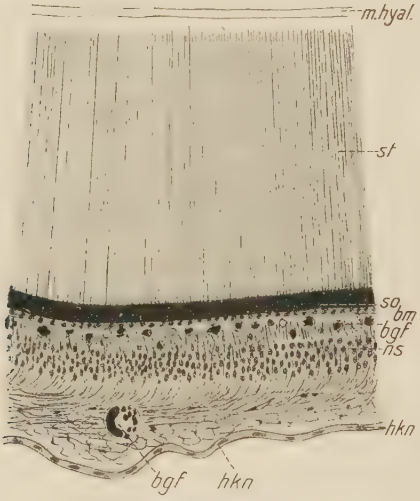

Fig. 34.
Längsschnitt durch die Retina von *Chiroteuthis*. Vergr. 109.

Was die Pigmentverhältnisse der Retina anlangt, so kann ich über eine recht interessante Erscheinung berichten. Chun (1910) fand bei allen pelagischen Tiefseeformen eine ausgesprochene Dun-

kelstellung des Pigments und kam daher zu folgender Annahme: »Bei dem Befund«, so schreibt er, »spiegelt sich die pelagische Eigenart unsrer Tiefseeformen so sinnfällig wieder, daß es mir zweifelhaft erscheint, ob ihnen überhaupt eine Pigmentwanderung zukommt.« Daß aber eine Pigmentwanderung bei Tiefseeformen unter bestimmten Verhältnissen nicht ausgeschlossen ist, lehrt ein Exemplar von *Chiroteuthis*, das Pigment sogar vitralwärts in den zugespitzten Enden der Stäbchen in kolbenförmiger Anordnung zeigt (Fig. 35). Wie Hess (1905) bei allen andern, nicht in der Tiefsee lebenden Arten hat nachweisen können, so muß auch hier das Pigment, durch irgendwelchen Lichtreiz veranlaßt, in den Stäbchen nach vorn gewandert sein, wo die einzelnen Pigmentanhäufungen eine dichte innere Zone, die sich über die ganze Retina erstreckt, zusammensetzen. Es ist also hiermit entgegen der Vermutung Chuns festgestellt, daß eine Pigmentwanderung auch bei Tiefseecephalopoden möglich ist.

Fig. 35.
Längsschnitt durch die distale Stäbchenregion von *Chiroteuthis;* Pigmentanhäufung. Vergr. 500.

Über die Ursache, welcher Lichtreiz diese Wanderung bedingt hat, lassen sich nur Vermutungen aussprechen. Da allgemein angenommen wird, daß in der Tiefsee dauernde Dunkelheit herrscht, ist es wohl ausgeschlossen, daß eine Reizung der lichtperzipierenden Elemente in der Tiefe stattgefunden hat. Obgleich für diese äußerst lichtempfindlichen Dunkeltiere der Lichtreiz gar nicht so intensiv zu sein braucht, um zu reagieren, so dürfte doch die Leuchtkraft der Leuchtorgane lichtproduzierender Tiere kaum ausreichen, um eine derartige Pigmentwanderung bis in die vitralwärts gelegenen Enden der Stäbchen hervorzurufen. Eine andre Deutung wird wohl die richtigere sein. Chun (1910) erwähnt in der Einleitung zu seinem großen Tiefseewerk, daß die Tiefseecephalopoden in Ausnahmefällen, durch verschiedene Bedingungen veranlaßt, in gutem Zustand an die Oberfläche getrieben werden. Nun ist es möglich, daß das in Rede stehende Exemplar, in oberflächliche Regionen gedrängt, am Tage erbeutet worden ist, so daß der intensive Lichtreiz die Pigmentwanderung bis in die äußersten Enden der Stäbchen hat veranlassen können. Denkbar wäre noch die Möglichkeit, daß das Tier beim Heraufziehen aus der Tiefe an die Oberfläche hier dem intensiven Sonnenlicht ausgesetzt gewesen ist. Eines steht jedenfalls einwandfrei

fest, daß den Tiefenformen unter bestimmten Verhältnissen eine Wanderung des Pigmentes zukommen kann.

Eine merkwürdige, auf irgendwelche mechanische Einflüsse zurückzuführende Erscheinung ist noch erwähnenswert. In den Stäbchen von *Chiroteuthis* findet sich bei einigen Exemplaren eine Unmenge von großen und kleinen körnigen Gebilden (Fig. 36), die teils rund, teils oval gestaltet sind. Sie werden nur durch Heidenhainsches Eisenhämatoxylin intensiv schwarz gefärbt, bei andern Färbungsmitteln, z. B. Hämalaun, Delafieldschem Hämatoxylin und van Giesonscher Färbung treten sie nur ganz undeutlich in die Erscheinung. Die Stäbchen sind meist auseinandergedrängt und zum Teil zerrissen (Fig. 37). Die Stäbchenschichte hat sich in toto von der übrigen Retina losgetrennt.

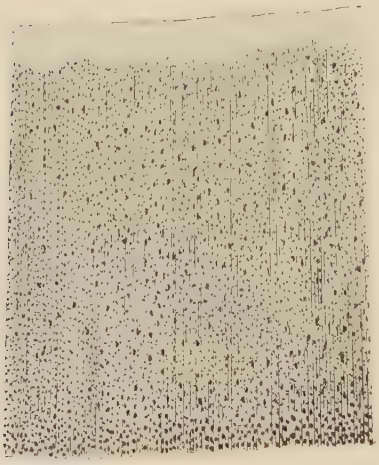

Fig. 36.
Längsschnitt durch die Stäbchenregion von *Chiroteuthis* mit den schwarzen, körnigen Gebilden. Vergr. 109.

Hensen (1865) fand in den Stäbchen von *Sepia* feinkörnigen Inhalt, zum Teil auch mit größeren Körnern. Scheinbar sind diese Gebilde mit den soeben beschriebenen identisch. Merton (1905) erwähnt, daß in den Stäbchen von *Illex* große und kleine tropfenartige Gebilde auftreten, die seiner Vermutung nach von blasigen, unterhalb der Basalmembran gelegenen Elementen herrühren und fettiger oder öliger Natur sein sollen.

Die Annahme, daß es Fett oder Öl sein könne, ist auszuschließen, da weder Sudan III noch Osmiumsäure irgendwelche Reaktion erkennen lassen.

Wie erwähnt, liegen bei normalem Auge unterhalb der Basalmembran (Fig. 34) zahlreiche Capillaren, die mit den zwischen Sclera und Retina gelegenen in Verbindung stehen. Der Inhalt aller Gefäße hat, wie es auch bei den körnigen Gebilden in den Stäbchen der Fall ist, nur bei Heidenhain-Färbung eine tiefschwarze Farbe aufzuweisen. Bei genauerer Untersuchung läßt sich feststellen, daß der Blutkörperinhalt der Capillaren aus kleinen Körnchen und rundlich und oval gestalteten Kernen besteht. Nach Cuénot (1891) enthält das Plasma

der Blutkörperchen zahlreiche Körnchen. Die Kerne der Blutkörperchen sind meist zwei- bis dreilappig oder rund und oval gestaltet oder bestehen aus zwei Teilen. Insbesondere die mit ovalen Kernen ausgestatteten Blutkörperchen sind ganz erfüllt von Körnchen.

Diese Körnchen und Kerne sind aller Wahrscheinlichkeit nach dieselben Gebilde, die in den Stäbchen angetroffen werden (Fig. 36, 37). Von Blutgefäßen mit Inhalt unterhalb der Basalmembran und zwischen Sclera und Retina ist bei diesen Augen nichts wahrzunehmen. Wie auch die Gebilde in die Stäbchenschichte hineingekommen sein mögen, ob durch die Konservierungsflüssigkeit bedingt oder durch den kolossalen Druckunterschied, der zwischen den Regionen der Tiefsee und der Oberfläche besteht, hervorgerufen, will ich dahingestellt sein lassen. Vermutlich hat sich der Inhalt sämtlicher, in der Retina gelegenen Capillaren in die Stäbchen ergossen, was eine starke Verletzung der Sockelregion und eine Lostrennung der Stäbchenschichte in toto zur Folge gehabt hat.

Fig. 37.
Längsschnitt durch die proximale Stäbchenregion von *Chirotheuthis*. Vergr. 605.

Zusammenstellung der wichtigsten Ergebnisse.

1. Die vergleichend-anatomische Darstellung der äußeren Augenmuskeln ergab eine nahezu vollkommene Übereinstimmung bei Oegopsiden und Myopsiden. Die Octopoden bilden eine in sich abgeschlossene Gruppe. *Argonauto argo* stellt in bezug auf die Augenmuskulatur die niedrigste Organisationsstufe dar.

2. Auf Grund des anatomischen Verhaltens der Augenmuskeln ist eine allseitige Bewegung des Bulbus möglich.

3. Die äußerst schwache Ausbildung des Ciliarmuskels der rela-

tiv großen Augen von *Chiroteuthis imperator* schließt eine Accommodationsmöglichkeit aus, was auf den Lichtmangel in der Tiefsee zurückgeführt werden kann.

4. Die muskulöse Verbindung des Äquatorialknorpels mit der hinteren Knorpelhaut (*Illex*, *Rossia*, *Sepia*) dürfte im Dienste der Accommodation stehen.

5. Die ventral gelegene, durch auffallend lange Stäbchen (0,36 mm) ausgezeichnete Stelle der Retina von *Chiroteuthis* entspricht offenbar der von Chun bei *Benthoteuthis* beschriebenen Fovea.

6. Eine Pigmentwanderung in der Retina der Tiefseecephalopoden (*Chiroteuthis*) kann unter bestimmten Verhältnissen stattfinden. Bei einem Exemplar wurde eine dichte, innere Pigmentzone gefunden.

7. In der Stäbchenschichte der Retina wurden bei einigen Exemplaren von *Chiroteuthis* zahlreiche körnige, mit Heidenhain tiefschwarz gefärbte Gebilde festgestellt, die aller Wahrscheinlichkeit nach den Inhalt der vielen, in der Retina gelegenen Capillaren repräsentieren.

Leipzig, im April 1915.

Literaturverzeichnis.

1835. Krohn, Beitrag zur näheren Kenntnis des Auges der Cephalopoden. N. acta Acad. Leop. Carol.

1842. — Nachtr. Bemerkungen über den Bau des Cephalopodenauges. Vhdl. d. Leop. Carol. Akad. Bd. XIX.

1850. Langer, Über einen Binnenmuskel des Cephalopodenauges. Sitzber. d. K. Akad. d. Wiss. M. u. Cl. 1850.

1854. Müller, Bau der Cephalopoden. Ztschr. f. wiss. Zool. Bd. IV.

1862-1866. Bronn-Keferstein, Klassen und Ordnungen der Weichtiere. Bd. III. 2. Abt. Leipzig.

1864. Babuchin, Bau der Cephalopodenretina. Würzbgr. Naturw. Zeitschr. Bd. V.

1865. Hensen, Bau des Cephalopodenauges. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. XV.

1865-1866. Steinlin, Beiträge zur Anatomie der Retina. Verhdl. d. St. Gallischen naturw. Gesellsch.

1868. Schultze, Bau der Retina. Verhdl. d. naturf. Ver. d. preuß. Rheinlands u. Westfalen. 25. Jahrg.

1869. — Stäbchen der Retina. Arch. f. mikrosk. Anatomie. Bd. V.

1872. Hoffmann, Retina und Pars ciliaris. Niederl. Arch. f. Zool. Bd. I. Heft 2.

1878. Schöbl, Blutgefäße des Cephalopodenauges. Arch. f. mikrosk. Anat. Bd. XV.

1879. Richiardi, Sul occhio dei Cefalopodi. Comm. Soc. Tosc. d. scienc. natur. Pisa.
1880. Brock, Beschreibung der Kopfmuskulatur der Decapoden. Morph. Jahrb. Bd. VI.
1882. — Zur Anatomie und Systematik der Cephalopoden. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. XXXVI.
1886. Grenacher, Retina des Auges. Abhdl. d. naturf. Gesellschaft zu Halle. Bd. XVI.
1888. Lang, Lehrbuch der vergl. Anatomie.
1891. Rawitz, Über Pigmentverschiebungen im Cephalopodenauge unter dem Einfluß der Dunkelheit. Vorl. Mitt.
1891. Cuénot, Etudes sur le sang et les glandes lymphatiques dans la série animale 2. Invertébrés in: Arch. expér. (2). Vol. IX.
1892. Rawitz, Zur Physiologie der Cephalopodenretina. Arch. f. Anat. u. Phys. Phys. Abt. I. 10.
1893. Faussek, Weißer Körper bei Cephalopoden. Mémoires de l'Acad. Impériale des Sciences de St. Pétersbourg. VII. Série. T. XL.
1894. Lenhossék, Zur Kenntnis der Netzhaut der Cephalopoden. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. LVIII.
1895. Kopsch, Das Augenganglion der Cephalopoden. Anat. Anzeiger. Bd. XI.
1895. Grenacher, Retina der Cephalopoden. Zool. Anz. 18. Jahrg.
1896. Lenhossék, Histologische Untersuchungen am Sehlappen der Cephalopoden. Arch. f. mikrosk. Anatomie. Bd. XLVII.
1897. Beer, Accommodation des Cephalopodenauges. Arch. Phys. Pflüger. Bd. LXVII.
1899. Beck, Die bei Belichtung der Netzhaut von Eledone moschata entstehenden Aktionsströme. Pflügers Anat. Bd. LXXVIII.
1900. Hesse, Augen einiger Mollusken. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. LXVIII.
1902. — Untersuchungen über die Organe der Lichtempfindung bei niederen Tieren. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. LXXII.
1902. Magnus, Pupillarreaktion der Octopoden. Arch. Gesamte Phys. Bd. XCII.
1902. Hess, Über das Vorkommen von Sehpurpur bei Cephalopoden. Centralbl. Phys. Bd. XVI.
1903. Chun, Augen der Tiefseecephalopoden. Verh. d. Z. Gesellsch. 13. Vers.
1904. Piper, Das elektromotorische Verhalten der Retina bei Eledone. Arch. f. Anat. und Phys. Phys. Abt.
1904. Muskens, Über eine eigentümliche kompensatorische Augenbewegung der Octopoden mit Bemerkungen über deren Zwangsbewegungen. Anat. Phys. Phys. Abt.
1905. Hess, Beiträge zur Physiologie und Anatomie des Cephalopodenauges. Arch. Gesamte Phys. Bd. CIX.
1905. Merton, Über die Retina von Nautilus und einigen dibranchiaten Cephalopoden. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. LXXIX.
1907. Heine, Über Augenbinnendruck und Accommodation bei Loligo, Octopus, Sepia. Med. Naturw. Arch. I.
1909. Hess, Accommodation der Cephalopoden. Arch. Augenheilk. Wiesbaden. Bd. LXIV.

1909. Bauer, Einführung in die Physiologie der Cephalopoden. Mitt. d. z. Station Neapel. Bd. XIX.
1910. Pflugk, Die Accommodation der Cephalopoden und Fische. Ber. 36. Vers. Ophth. Ges. Wiesbaden.
1910. Chun, Die Oegopsiden. I. Teil. Wiss. Ergeb. d. deutsch. Tiefseeexped. Bd. XVIII.

Erklärung der Abkürzungen.

m. ant., Musculus anterior;
m. ant. con., Musculus anterior coniunctus;
m. inf., Musculus inferior;
m. post., Musculus posterior;
m. sup., Musculus superior;
m. sup. con., Musculus superior coniunctus;
m. trochl., Trochlearknorpelmuskel;
O, Orbitalknorpel;
Tr, Trochlearknorpel.

Ae, Äquatorialknorpel;
Ar, e, Argentea externa;
Ar, i, Argentea interna;
bgf, Blutgefäß;
bm, Basalmembran;
co, ci, Corpus ciliare;
D, Durchtrittsstelle des Schlundkopfes;
hkn, hintere Knorpelhaut;
Jk, Irisknorpel;
kn, knorplige Anschwellung;
l, Linse;
lu, Leuchtorgan;
m, Muskel;
m.ci, Ciliarmuskel;
m.circ., Ringmuskelfasern;
m.hyal., Membrana hyaloidea;
m.obl., schrägverlaufende Fasern;
m.rad., Radiärmuskelfasern;
mu, muskulöse Verbindung;
ns, Kerne der Sehzellen;
pep, Pigmentepithel;
piz, Pigmentzellen;
re, Retina;
s, Septum;
so, Sockelregion;
sph, Sphincter Iridis;
st, Stäbchen.

Lebenslauf.

Ich, Franz Theodor Arno Glockauer, evang. luth. Konfession, wurde am 31. Juli 1888 in Leipzig geboren. Meine Vorbildung erhielt ich auf der IX. Bürgerschule in Leipzig in den Jahren 1895—1900 und besuchte dann die Nikolaischule zu Leipzig, die ich Ostern 1909 mit dem Zeugnis der Reife verließ. Seit Ostern 1909 widme ich mich dem Studium der Naturwissenschaften und Mathematik an der Universität Leipzig. Im Herbst 1910 legte ich an der Kgl. Turnlehrerbildungsanstalt zu Dresden die Turnlehrerprüfung ab.

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.